

c03-46

A79-14638 # Global distribution of ozone for various seasons (O global'nom raspredeleñii ozona dlja razlichnykh sezonov goda). L. I. Koprova. In: Interpretation and utilization of satellite data in weather analysis. (A79-14626 03-47) Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978, p. 94-100, 9 refs. In Russian.

The present paper deals with a technique which was used to obtain a catalog of the seasonal global distribution of ozone. The technique is based on the simultaneous use of 1964-1975 data on the total ozone content from a worldwide network of ozonometric stations and on the vertical ozone profile from ozone sounding stations. V.P.

This Abstract Published in
INTERNATIONAL AEROSPACE ABSTRACTS
Issued by
TECHNICAL INFORMATION SERVICE
AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS, INC.
750 THIRD AVENUE, NEW YORK, N.Y. 10017

974-14638

Л. И. Копрова

О ГЛОБАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОЗОНА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕЗОНОВ ГОДА

Развитие спутниковой метеорологии привело к необходимости решения обратных задач, таких, как определение различных характеристик атмосферы по измеренному со спутника излучению в тех или иных участках спектра. Укажем две из них: определение содержания озона по измеренному излучению в полосе его поглощения 9,65 мкм и определение метеорологических параметров при оптическом зондировании в окне прозрачности 8—12 мкм. Для решения этих задач необходимо знать спектральные характеристики поглощения озона (коэффициенты поглощения или функции пропускания) и распределение озона по высоте в точке измерения излучения со спутника. При оперативной обработке спутниковых данных требуется знание глобальной априорной информации об озне.

В настоящее время накоплены довольно обширные экспериментальные данные об общем содержании озона, полученные на станциях мировой озонометрической сети, и о вертикальном распределении озона, полученные на отдельных станциях озонового зондирования [7]. Данные наблюдений за период 1964—1975 гг. являются исходными для разработки каталога глобального распределения озона. По данным измерений общего содержания озона путем осреднения и пространственной интерполяции получены многолетние среднемесячные значения x в узлах регулярной сетки северного и южного полушарий для центральных месяцев сезона. По материалам же озонового зондирования найден широтный ход типичных вертикальных профилей плотности озона для холодного и теплого полугодий. Чтобы найти вертикальные профили для различных широт и долгот в узлах регулярной сетки, используется небольшая совокупность типичных профилей (по 4 профиля в северном и южном полушариях и 1 профиль для экватора). Такое предположение допустимо при решении указанных выше задач спутниковой метеорологии. Для каждого из значений x в узле регулярной сетки и определенного месяца находится со-

ответствующий ему профиль озона, который выражается через ближайший к узлу широтный профиль озона с помощью некоторого нормировочного коэффициента.

Остановимся более подробно на структуре каталога распределения озона и методике его получения. Распределение общего содержания озона наиболее изучено в северном полушарии. Известно, что в северном полушарии существуют устойчивые области высоких и низких значений содержания озона, расположение которых несколько меняется в зависимости от сезона [2]. По данным [2], путем интерполяции для пояса $\phi = 30^{\circ} \text{--} 80^{\circ}$ с. ш. были получены значения $x_i(\phi, \lambda)$ в узлах регулярной сетки (ϕ, λ) с шагом по долготе $\Delta\lambda$ и широте $\Delta\phi$, равным 10° ($i = 1, 2, 3, 4$ для января, апреля, июля и октября соответственно).

В южном полушарии и экваториальной зоне северного полушария подобных данных нет. Имеются лишь данные об общем содержании озона для отдельных станций, базирующиеся главным образом на материале наблюдений до 1969 г. [4, 8, 9]. С 1966 г. количество озонометрических станций возросло почти вдвое, что вынесла точность измерений содержания озона. В результате появилась возможность дополнить и уточнить данные предыдущих работ о содержании озона. По материалам наблюдений за 1964--1975 гг. [7] были вычислены среднемесячные значения содержания озона $x_i(\phi)$ для отдельных станций широтной зоны 20° с. -- 90° ю. Так как в южном полушарии распределение озона более однородно, чем в северном, то эти значения можно принять за среднеширотные ($x_i(\phi) \equiv x_i(\phi, \lambda)$) и включить в состав каталога распределения озона (табл. I).

Таблица I
Широтный ход общего содержания озона $x_i(\phi)$ (10^{-3} см)

ϕ°	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$
S 80	303	291	296	321
70	312	298	306	324
60	280	294	321	346
50	331	299	371	392
40	306	286	356	357
30	288	278	316	333
20	261	252	355	280
10	251	258	358	278
0	255	257	274	257
10	248	266	272	269
N 20	248	273	267	261

Полученные данные об общем содержании озона $x_i(\phi)$ для широтной зоны 20° с. -- 90° ю. были сопоставлены с аналогичными данными для зоны 30° -- 30° с. ш., которые рассчитаны по данным [2]. Как видно на рис. 1, кривые широтного хода для обеих зон согла-

сяются между собой. Однако они несколько отличаются от приведенных в [4, 8, 9]. В основном эти различия наблюдаются в высоких широтах как северного, так и южного полушарий.

Для каждого значения общего содержания озона $x_i(\varphi)$ необходимо иметь соответствующее ему вертикальное распределение плотности озона $\rho_i(z, \varphi, i)$:

$$\rho_i(z, \varphi) = \int_0^z \rho_i(z, \varphi, i) dz. \quad (1)$$

Выясним, каков широтный ход вертикальных профилей озона по данным многолетних наблюдений. Для этой цели воспользу-

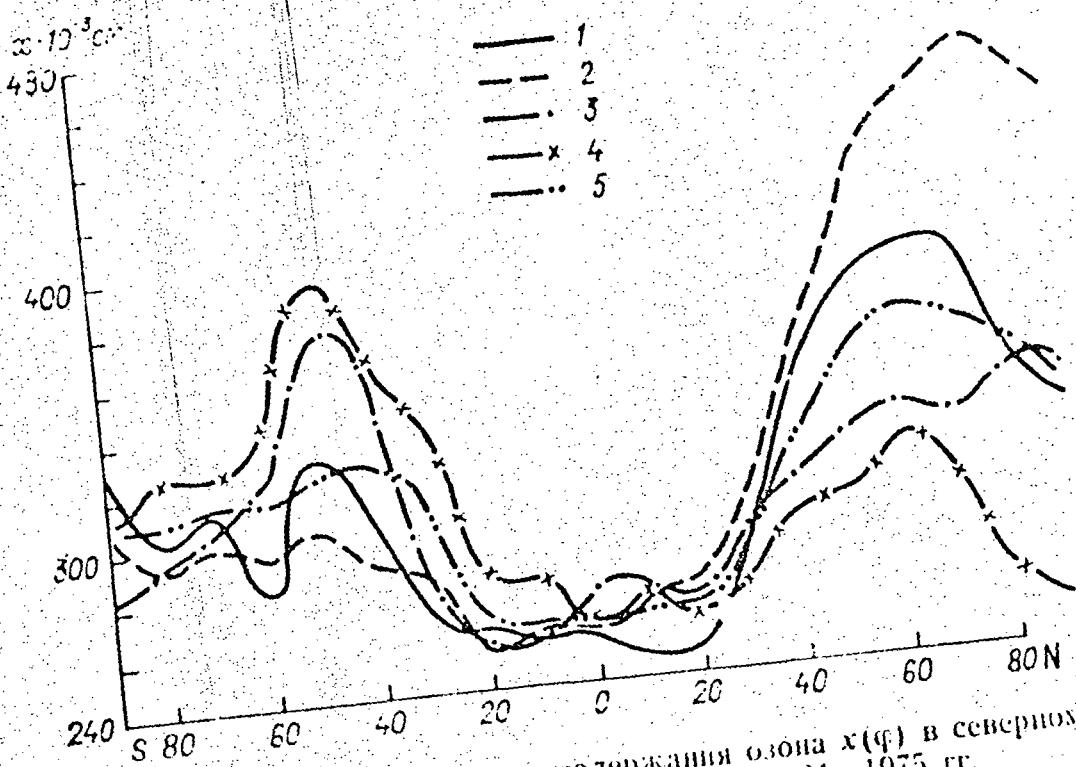


Рис. 1. Широтный ход общего содержания озона $x(\varphi)$ в северном и южном полушариях по данным за 1964–1975 гг.
1 – январь, 2 – апрель, 3 – июль, 4 – октябрь, 5 – среднегодовой ход.

емся широтным разрезом вертикальных профилей парциального давления озона $\rho_o(z, \varphi)$ по материалам многолетних наблюдений на станциях озона зондирования [7]. Рассчитанные по этим данным профили $\rho_o(z, \varphi)$ для $\varphi = 80^\circ$ с. ш. $\div 80^\circ$ ю. ш. представлены на рис. 2. С помощью стандартной атмосферы для зимы и лета, согласно [5], определяются типичные профили плотности озона (в $\text{мкг}/\text{м}^3$) для различных широт

$$\rho_i(z, \varphi) = \frac{10^3 \rho_o(z, \varphi)}{1.7322 T_i(z)}, \quad (2)$$

где $T_i(z)$ – температура (в К) на высоте z ; $\rho_o(z, \varphi)$ – парциальное давление в нанобарах (1нбар = 10^{-9} бар).

Для экстраполяции профилей на большие высоты исподользовались данные ракетных подъемов [1, 3, 5, 6]. По этим данным относительный ход по высоте концентрации $n(z)$ и плотности $\rho(z)$ озона выше 40 км выражается следующим образом:

$$\tilde{c}(z) = n(z)/n(z=40),$$

$$\tilde{\rho}(z) = \rho(z)/\rho(z=40).$$

Значения $\tilde{c}(z)$ и $\tilde{\rho}(z)$, вычисленные по данным ракетных подъемов, проводившихся в СССР и за рубежом (табл. 2), хорошо согласуются между собой. Следовательно, для экстраполяции

Таблица 2

Вертикальное распределение относительной концентрации озона $\tilde{c}(z)$, плотности озона $\tilde{\rho}(z)$ и их среднее значение $\bar{c}(z)$ по данным ракетных подъемов

z км	$c(z)$ [6]	$c(z)$ [2]	$\tilde{c}(z)$ [1]	$c(z)$ [7]	$\bar{c}(z)$
40	1	1	1	1	1
45	0,422	0,450	0,444	0,350	0,416
50	0,178	0,183	0,229	0,138	0,182
55	0,0667	0,0883	0,0890	0,0460	0,0762
60	0,0334	0,0368	0,0357	0,0150	0,0302
65	0,0089	0,0175	0,0214	0,0054	0,0133
70	0,0044	0,0117	0,0071	0,0017	0,0062
75	0,0019	0,0050	0,0029	0,0006	0,0026
80	0,0007	0,0017	—	0,0002	0,0009
85	0,000	0,0005	—	0,0001	0,0003

$\rho_i(z, \varphi)$ выше 40 км можно использовать средний профиль вертикального распределения относительных величин $\tilde{c}(z)$: при $40 \leq z \leq 85$

$$\rho_i(z, \varphi) = \rho_i(z=40, \varphi) \tilde{c}(z). \quad (3)$$

При совместном использовании величин $x_i(\varphi, \lambda)$ и $\rho_i(z, \varphi)$ необходимо выполнить следующее условие [с учетом (1)]:

$$\rho_i(z, \varphi, \lambda) = \rho_i(z, \varphi) k_i(\varphi, \lambda), \quad (4)$$

где

$$k_i(\varphi, \lambda) = \frac{x_i(\varphi, \lambda)}{X_i(\varphi)}, \quad (5)$$

$$X_i(\varphi) = \int_0^z \rho_i(z, \varphi) dz. \quad (6)$$

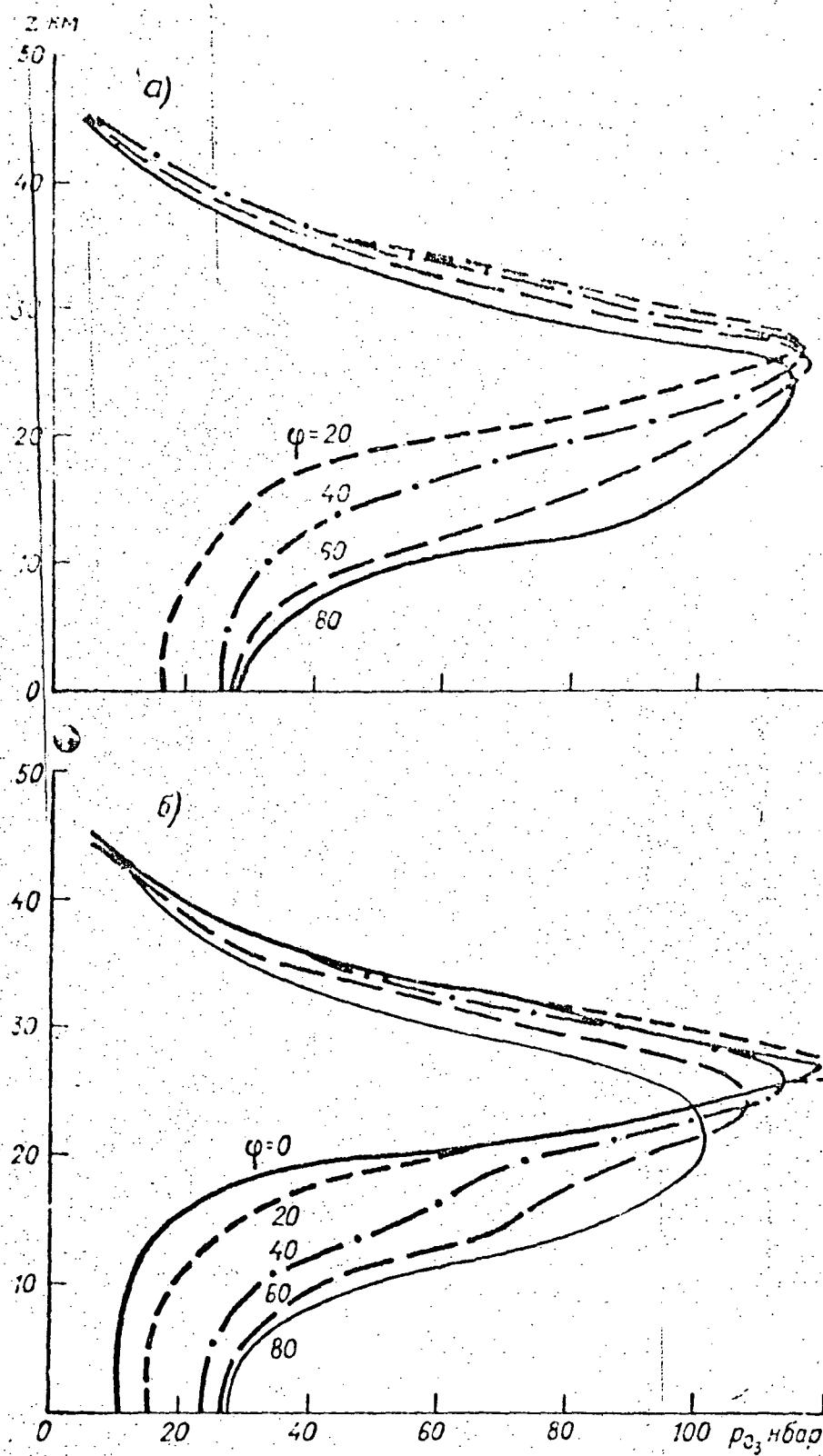


Рис. 2. Широтный ход вертикального распределения парциального давления озона $p_{\text{O}_3}(\varphi)$ за многолетний период в северном (а) и южном (б) полушариях [9].

В (4) профили ρ_i выбираются ближайшими по широте к узлу (φ, λ) . Коэффициенты нормировки $k_i(\varphi, \lambda)$ существенно зависят от месяца года. В табл. 3 даны коэффициенты $k_i(\varphi)$, рассчитанные по среднеширотным значениям общего содержания озона $x_i(\varphi)$. Согласно принятому допущению $x_i(\varphi, \lambda) = x_i(\varphi)$ для широтной зоны $20^\circ \text{ с.} - 80^\circ \text{ ю.}$, полагали $k_i(\varphi, \lambda) = k_i(\varphi)$.

Таблица 3
Широтный ход коэффициентов $k_i(\varphi)$

φ°	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$
S 80	1,030	0,840	0,880	0,970
60	1,060	0,890	1,020	1,310
40	1,020	0,930	1,035	1,140
20	1,040	1,010	1,060	1,140
0	1,050	1,110	1,140	1,130
N 20	0,943	1,070	1,010	1,020

Таким образом, использование предложенной методики позволило на основе многолетних данных получить вертикальное распределение озона для узлов географической сетки. Следует отметить, что в задачах спутниковой метеорологии используется не общее, а эффективное содержание озона. Измеряемое со спутника излучение проходит путь в атмосфере, на протяжении которого давление переменило, т. е. требуется учет неоднородности трассы. Последнее учитывается различными методами, в том числе и методом эффективной массы. Эффективное содержание озона в узле сетки определяется следующим образом:

$$x_i^*(\varphi, \lambda) = \int_0^z \tilde{\rho}_i^*(z, \varphi, \lambda) dz, \quad (7)$$

где

$$\tilde{\rho}_i^*(z, \varphi, \lambda) = \tilde{\rho}_i(z, \varphi, \lambda) \left(\frac{p(z)}{p_0} \right)^{n_0}, \quad (8)$$

Здесь $n_0 = 0,2$ — эмпирическая константа; $p(z)$, p_0 — давление на уровнях z и $z = 0$. В табл. 4 приведены значения коэффициентов перехода от общих масс озона к эффективным:

$$f_i(\varphi) = \frac{x_i^*(\varphi)}{x_i(\varphi)}, \quad (9)$$

где

$$x_i(\varphi) = \int_0^z \rho_i(z, \varphi) \left(\frac{p(z)}{p_0} \right)^{n_0} dz.$$

Таблица 4

Широтный ход коэффициентов перехода $f(\varphi)$ от общих масс озона к эффективным для теплого и холодного полугодий

	Полугодие			Полугодие	
	холодное	теплое		холодное	теплое
S 80	0,519	0,530	0	0,472	0,447
70	0,520	0,532	10	0,469	0,478
60	0,545	0,520	20	0,483	0,495
50	0,498	0,495	40	0,495	0,512
40	0,493	0,510	60	0,505	0,518
30	0,468	0,457	N 80	0,519	0,530
20	0,475	0,494			
10	0,467	0,457	$f(\varphi)$	0,495	0,498

Эти коэффициенты позволяют по известным значениям $x_i(\varphi, \lambda)$ рассчитать величины эффективных содержаний озона $x_i^*(\varphi, \lambda)$ в тех же узлах географической сетки по соотношению

$$x_i^*(\varphi, \lambda) = f_i(\varphi) x_i(\varphi, \lambda). \quad (10)$$

Широтные вариации коэффициентов $f(\varphi)$ для холодного и теплого полугодий не превышают 15%, причем значения f для теплого полугодия на 2—3% больше, чем для холодного. Поправка на давление p/p_0 может быть найдена с помощью стандартной атмосферы. Величины $x_i^*(\varphi, \lambda)$ и соответствующие им профили

$\tilde{p}^*(z; \varphi, \lambda)$ составляют каталог эффективных содержаний озона.

В заключение хочу поблагодарить за помощь, оказанную в работе, сотрудников ГосНИЦИПР Е. Н. Иванову и В. И. Николаеву, а также сотрудника Гидрометцентра СССР Л. А. Урашову.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобков Н. П., Мицкевич А. Е. Измерение суточного содержания концентрации озона на высотах 40—72 км. — Труды ИПГ, 1976, вып. 22, с. 11—21.
2. Карты общего содержания озона/Под ред. Л. А. Урашовой. — Обнинск, 1977. — (Гидрометцентр СССР).
3. Львова А. А., Мицкевич А. Е., Поздеков С. М. Ракетные исследования распределения озона во время полного солнечного затмения. — Геомагнетизм и аэрономия, 1964, т. 4, № 6, с. 1082—1088.
4. Петренко Н. А., Хргицай А. Х. Результаты наблюдений общего количества озона из мировой озонометрической сети станций в 1957—1961 гг. — Метеорологические исследования, 1970, № 17, с. 80—111.
5. Хргицай А. Х. Физика атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1969. — 617 с.
6. Newell R. E. Transient through the tropopause and within the stratosphere. — Quart. J. Roy. Met. Soc., 1963, vol. 89, N 380, p. 167—204.
7. Ozone Data for the World. Toronto, Ontario, 1964—1975.
8. Shimizu M. Global Changes of Total Ozone Amount in the Atmosphere. — Geophys. Magazine, 1971, vol. 35, N 4, p. 333—429.
9. United Nations Environment Programme UNEP Meeting of Expert on the Ozone Layer, Washington, D. C., 1—9 March, 1977.